ДУГУЙН БУЛЫГ ДУУ ЧИМЭЭГЭЭР ОНОШИЛЖ, ХОЛХИВЧИЙН АЖЛЫН НӨӨЦИЙГ СЭРГЭЭХ ТЕХНОЛОГИ БОЛОВСРУУЛСАН ДҮН

О.Эрдэнэсайхан [1a], М.Мөнхгэрэл [2b]

[1]Мандах их сургууль, Суурь шинжлэх ухаан инженежрчлэлийн тэнхим, Ph.D, ахлах багш
[2] Мандах их сургууль, Суурь шинжлэх ухаан инженежрчлэлийн тэнхим, багш
[a]erdenesaikhan.o@mandakh.edu.mn
[b]munkhgerel@mandakh.edu.mn

Өгүүлэл хүлээн авсан огноо: 20/05/2026
Өгүүлэл хэвлэсэн огноо: 01/07/2026
https://doi.org/10.67207/mrj.2026.15.15

ХУРААНГУЙ

Монгол улсад түгээмэл ашигладаг Приус-20 маркын машины дугуйн булны холхивчийн эвдрэл, гэмтлийг тодорхойлж түүний ажлын нөөцийг сэргээх арга технологи сонгон боловсруулж туршин үр дүнг гарган авсан. Холхивчийн ажлын нөхцөл холхивчийн байрлал, төрлөөс хамаарна. Холхивчинд үрэлтийн хүчний нөлөө, зэв, дулаан, чичиргээ, олон давтагдах нухлалт, ачааллын улмаас хэмжээний өөрчлөлт гардаг. Энэхүү элэгдэл нь манай орны замын нөхцөлөөс хамаарч эрчимтэй явагдаж машины тулгуур эд анги болон дугуйн булыг ойр ойрхон солих шаардлага гарч байна. Иймд дугуйн булыг эргүүлэх төхөөрөмж зохион бүтээж дуу чимээ хэмжигч багаж “Sound level meter”-г ашиглан элэгдэлтэй булны дуу чимээг хэмжиж холхивчийн элэгдлийн хэмжээг тогтоож нөхөн сэргээх арга сонгон засварласан. Одоогоор засвар үйлчилгээний газрууд элэгдэж дуу орсон булыг сэргээн засварлалгүй шууд шинэ булаар сольж, хуучин бул нь олон зуун ширхэгээр хаягдаж байна. Булыг дуу чимээгээр оношлох төхөөрөмж зохион бүтээж ашигласнаар, олноороо хаягдаж байгаа булны холхивчийн ажлын нөөцийг сэргээн дахин ашиглах боломжтой технологи боловсруулав.

Түлхүүр үг: Дугуйн булны холхивч, дуу чимээгээр оношлох, ажлын нөөцийг сэргээх

ОРШИЛ

Өргөн уудам нутаг дэвсгэртэй Монгол орны хувьд хот суурин газруудын алслагдсан байдлаас хамаарч хүн амын тархай бутархай суурьшил зэрэг хүчин зүйлсэд хүмүүсийн хэрэглээний автомашин болон нийтийн тээврийн ач холбогдол ихээхэн нөлөө үзүүлдэг. Одоогоор манай улсын нийт ажиллагсдын 4.5 хувь нь автотээврийн салбарт хамрагдан, дотоодын нийт бүтээгдэхүүний 14.0 хувийг бүрдүүлж байна. Орчин үед машиныг үйлдвэрлэх, ашиглах, засварлах зэрэг ажиллагаа нь харилцан орлуулалтын зарчим дээр үндэслэн явагдаж байна. Техникийн шинжлэх ухааны хөгжлийг нэмэгдүүлэх, тэдгээрийг үр ашигтай хэрэглэх асуудал нь улсын хэмжээнд чанарын шаардлага хангах бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх нэгдсэн арга хэрэгсэл норм болон норматив боловсруулж хэрэгжүүлэхийг зүй ёсоор шаарддаг. Машин, тоног төхөөрөмжийг зохион бүтээх, боловсруулах үйлдвэрлэх, ашиглах, цаашилбал хадгалах ба засварлах бүх шатанд хөдөлмөрийн бүтээмжийг дээшлүүлэх, өөрийн өртгийг бууруулах, бүтээгдэхүүний чанарыг сайжруулах зэрэг асуудлыг оновчтой шийдвэрлэхэд харилцан орлуулалт, стандартчилал хэмжил зүйн шинжлэх ухаан чухал ач холбогдолтой байдаг билээ. Техникийн шинжлэх ухаан хөгжиж технологийн дэвшилтэт технологийг ашигласнаар машин техникийн засвар үйлчилгээний зохион байгуулалт үе шаттайгаар шинэчлэгдэн өөрчлөгдсөөр байна. Энэхүү шинэчлэгдсэн техник технологийг ашиглан автомашины зарим эд ангийг нөхөн сэргээн ашиглах боломжтой байна.

Судалгааны үндэслэл

Монгол орны өргөн уудам нутаг дэвсгэрт тархан суурьшсан хүн ам, алслагдсан суурьшил газруудад хүрч ажиллахад автомашин, нийтийн тээвэр, автотээврийн ашиглалт, хүрэлцээ тэдгээрийн найдварт байдал чухал нөлөө үзүүлдэг. Машин үйлдвэрлэлд гулсах ба өнхрөх холхивчийг өргөн хэрэглэдэг бөгөөд автотрактор, хөдөө аж ахуйн машины холхивчийн техникийн байдалд үнэлэлт өгөх хэрэгцээ шаардлага цөөнгүй тулгардаг билээ. Холхивчийн ажлын нөхцөл холхивчийн байрлал, төрлөөс хамаарна. Холхивчинд үрэлтийн хүчний нөлөө, зэв, дулаан, чичиргээ, олон давтагдах нухлалт, ачааллын улмаас их хэмжээний өөрчлөлт гарна. Холхивч нь тулгуур буюу чиглүүлэгчийн үүргийг гүйцэтгэх бөгөөд хөдөлгөөнт эд ангиудын байрлалыг механизмын хувьд тодорхойлж, ачааллыг суурь, бэхэлгээнд дамжуулдаг. (Г.Чимэд-Очир, 2009) Абразив элэгдэл нь орчны тоос, шорооны нөлөөллөөс болж ажиллагааны үед хэвийн хэмжээнээс илүү халах, тосолгооны материалыг бохирдуулж тосолгоог чанаргүй болгох шалтгаан бий болдог. Машины хамгийн чухал зүйлүүдийн нэг бол явах ангийн бүрэн бүтэн байдал байдаг. Тэдгээрээс аюулгүй байдалд хамгийн чухал нөлөө үзүүлэх эд анги нь дугуйн булны техникийн байдал юм. Дугуйн булны холхивчийн холхио нь зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс ихэссэн бол солих шаардлагатай. Орчин үед машины урд дугуйн бул нэг удаагийн тосолгоотой холхивч ашиглаж байгаа бөгөөд үйлдвэрлэгчид холхивчийн тэнхлэгийн дагуух холхиог 0,05 мм хүртэл байхад ашиглахыг зөвшөөрдөг. Харин үйлдвэрлэгчээс тэнхлэгийн дагуу болон радиалын холхионы зөвшөөрөгдөх хязгаарыг заагаагүй бол ашиглахыг хориглодог. (Ч.Цэсэндорж, Машин

засвар, техникийн үйлчилгээний зохион байгуулалт, 2009) Булыг засварлах үндсэн арга нь холхивчийг салгаж солих эсвэл булталй /салдаггүй/ хамт солих юм. Бид машины дундаж хурд болох 60 км/ц-аар тооцон булыг эргүүлж холхивчийн элэгдлийг дуу чимээгээр тодорхойлох боломжтой төхөөрөмж зохион бүтээж турших зорилго тавин ажиллаа.

Судалгааны зорилго

Автомашины задардаг булны холхивчийг дуу чимээгээр оношлон, элэгдлийн /нухлагдсан/ хэмжээг тодорхойлж ажлын нөөцийг нэмэгдүүлэх.

Судалгааны зорилт

1. Автомашины бул эргүүлэх төхөөрөмж зохион бүтээх
2. Зохион бүтээсэн төхөөрөмжөөр булныг эргүүлж дуу чимээгээр элэгдлийн хэмжээг тодорхойлох
3. Дуу чимээнээс хамааруулан холхивчийн ажлын нөөцийг сэргээн турших

Судлагдсан байдал

Холхивч нь тулгуур буюу чиглүүлэгчийн үүргийг гүйцэтгэх бөгөөд хөдөлгөөнт эд ангиудын байрлалыг механизмын хувьд тодорхойлж, ачааллыг суурь, бэхэлгээнд дамжуулдаг. Холхивчний үүсэл гарлыг үрэлт, эргэлтийн биеийн хэрэглээтэй холбож үздэг. Холхивч нь олон төрөлтэй учир үйлдвэрлэх технологи харилцан адилгүй байдаг. Үйлдвэрлэх технологи нь механик боловсруулалтаар зорж хэлбэр гаргах, даралтаар хэвлэх, өнгөлөх, гадаргуугын боловсруулалтанд оруулах, угсрах үндсэн дараалалтай.
Эргэх, ганхах, давших эд ангийн хөдөлгөөнт тулгуур буюу өнхрөлтийн үрэлтэнд ажиллах, өнхрөлтийн бие бүхий зангилааг өнхрөлтөт холхивч (эргэвч, подшипники качения, rolling bearing) гэнэ. Холхивчинд түгээмэл тохиолддог эвдрэлүүдэд өнхрөлтийн бие, замын цоохордол гэх мэт ордог. (Г.Чимэд-Очир, 2009)

Холхивч нь ачаалал нэмэгдэх, эд анги цуцалтад орох, буруу ашиглалт, суурилуулалтын алдаа, цөн болон голын харьцалтын нарийвчлал алдсан, тоос шорооны бохирдол, гадаргуугийн зэврэлт, тослох материалын сонголт буруу, халалт хэвийн хэмжээнээс нэмэгдсэнээр өнхрөлтийн биет түүний харьцах гадаргуугийн жигд байдал алдагдаж хэвийн хэлбэр дүрсээ алддаг. Иймээс дээрх эвдрэлүүдээс сэргийлж холхивчийн сонголт зөв, дотоод харьцах зайг оновчтой байлгах, цөн болон голын харьцалтын сайжруулах, жийргэвч хэрэглэх, эд ангийн угсралтын алдааг багасгах, тосолгооны материалын сонголтыг зөв хийх, тослох оновчтой аргыг сонгох шаардлагатай. (Ч.Цэсэндорж, Машин засвар, техникийн үйлчилгээний зохион байгуулалт, 2009)

Гадаргуугийн цэвэршилт муудах. Холхивчийн өнхрөлтийн гадаргуугийн цэвэршилт муудаж маш жижиг нүхжилт бий болох буюу барзгар болдог. Энэ нь харьцлын гадаргууд тоос, шороо орсноос мөн тослох материалын сонголт буруу байснаас үүдэлтэй. Дээрх эвдрэлээс сэргийлж холхивчийн тослох материал, тослох аргыг зөв сонгох, холхивчинд тоос

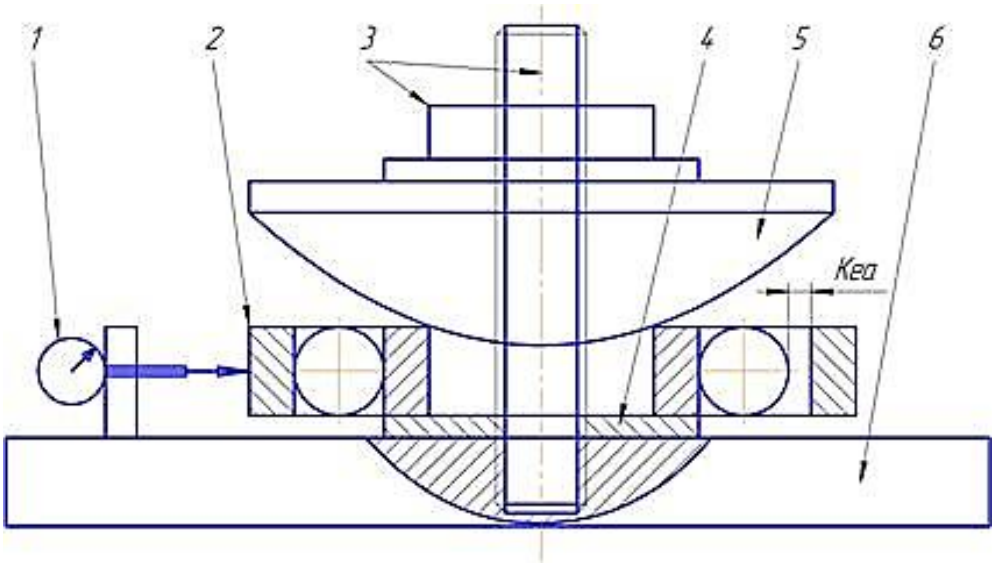
шороо орохоос сэргийлж жийргэвч ашиглах, тослох материалыг заасан хугацаанд нь сольж цэвэр байлгах шаардлагатай. (А.М.Шейнин, 1979) Өнхрөлтөд холхивч нь дотроо өнхрөх биет эргэлдэх үүсэх зайтай учир ажиллагааны явцад харьцалтын биетийн хэлбэлзэл, өнхрөлтөөс дуу чимээ үүсдэг. Хэлбэлзэх хөдөлгөөн болон дуу чимээ нь холхивчийн зөв суурилуулалт, холбогдсон эд ангийн хөшүүн чанар болон хэлбэр дүрсийн алдаа, тослох материалын чанартай холбоотой. Ажиллагааны үед холхивчид үүсэх хэлбэлзэл болон дуу чимээг Anderon meter, Noise Tester, Sound level meter зэрэг багажаар хэмждэг.

Судалгааны таамаглал

Таамаглал 1. Монгол орны замын байдлаас хамаарч дугуйн булны холхивчны элэгдэл эрчимтэй явагддаг бөгөөд элэгдлийн хэмжээ нь машиныг жолоодох явцад гарах дуу чимээний хэмжээгээр тодорхойлогдоно.
Таамаглал 2. Дугуйн булны холхивчийн дуу чимээний хэмжээг нарийвчлан тодорхойлж, зөвшөөрөгдөх хэмжээнд элэгдсэн булны холхивчийн бүрдэл хэсгийг нөхөн сэргээх технологи ашиглан боловсруулж дахин ашиглах боломжтой.
Таамаглал 3. Дугуйн булны холхивчийн дуу чимээний хэмжээ элэгдлийн хэмжээнд шууд нөлөөлөх төлөвтэй тул элэгдэл үүссэн дугуйн бул тус бүрийн нөхөн сэргээх технологийн үйлдлийн хэмжээс өөр өөр байх магадлалтай.

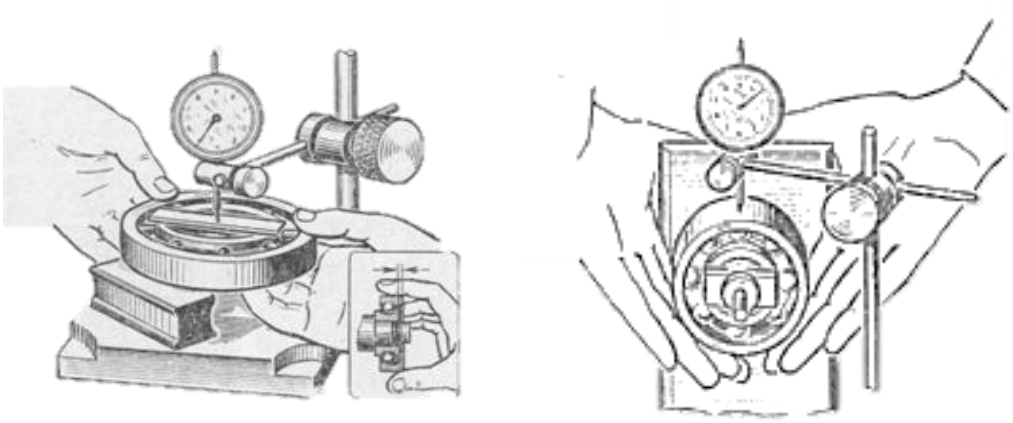
Судалгааны арга зүй

Холхивчийн техникийн байдлыг холхивчийн тэнхлэгийн дагуух болон радиалын дагуух холхио, ажиллагааны дуу, дотор цагирагны дотор диаметр, гадна цагирагны гадаад диаметр, дотор болон гадна цагирагны өргөний хэмжээгээр тодорхойлно.
Холхивчийн техникийн байдалд үндэслэн цаашид ашиглах эсэхийг шийдвэрлэдэг. Холхивчийн дотор цагирагны дотор диаметр, гадна цагирагны гадаад диаметр, дотор болон гадна цагирагны өргөний хэмжээг тодорхойлохдоо шугаман хэмжилтийн ямар ч багаж ашиглаж болно. (Г.Чимэд-Очир, 2004)



Зураг 1. Холхивчийн радиалын холхио хэмжих арга

1 - зүүт индикатор, 2 – холхивч, 3 – даруулга, 4 – тулаас, 5 - конус, 6 - тавцан



Зураг 2. Холхивчийн тэнхлэгийн дагуух болон радиалын дагуух холхиог хэмжих аргачлал

Холхивчийн тэнхлэгийн дагуух болон радиалын дагуух холхиог хэмжих аргын дараалал:

1. Засварын газруудад сольж үлдээсэн булыг цуглуулах
2. Булыг сэргээн дахин ашиглах боломжтой эсэхийг төхөөрөмж дээр турших
3. Дугуйн булыг эргүүлэх төхөөрөмж
4. Дуу чимээ хэмжигч багаж “Sound level meter”-г асаана.
5. Дуу чимээ хэмжигчийг холхивч бэхлэсэн түвшинд 7...8 мм зайд байрлуулж төхөөрөмжийг ажиллуулан дугуйг эргүүлнэ.
6. Хэмжилтийг 3 удаа хийж дуу чимээний хэмжээг тэмдэглэж авна.
7. Хэмжилт явуулсан холхивчийн радиусын болон тэнхлэгийн дагуу холхиог хэмжинэ.
8. Боловсруулалт хийсэн булыг тослон 8 кН хүчээр шахан угсарч бэлтгэнэ.

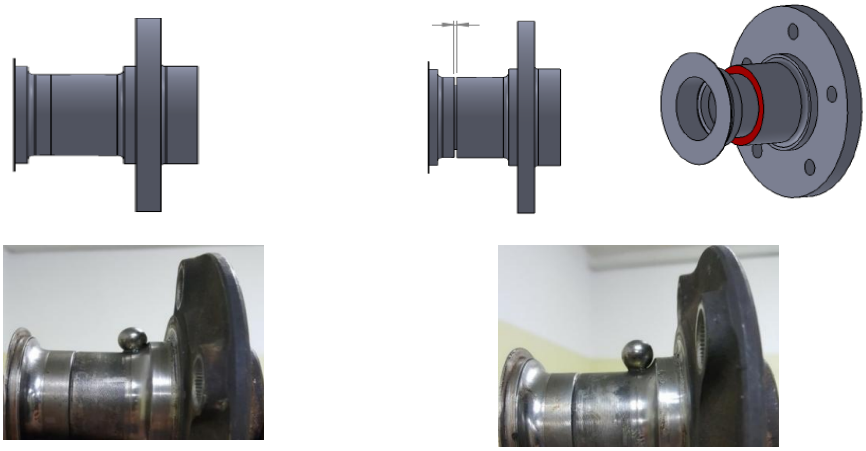
9. Туршилтанд хэрэглэх задардаг /приус-20/ булыг 8 кН хүчээр шахна.
10. Шахсан булыг дамартай хамт төхөөрөмж дээр бэхлэн цахилгаан хөдөлгүүрийн дамартай ременээр холбоно.
11. Дуу чимээ хэмжигчийг холхивч бэхлэсэн түвшинд 7...8 мм зайд байрлуулж төхөөрөмжийг ажиллуулан дугуйг дахин эргүүлнэ.
12. Хэмжилтийн багажийг асаана.
13. Хэмжилтийг 3 удаа хийж дуу чимээний хэмжээг тэмдэглэж авна.



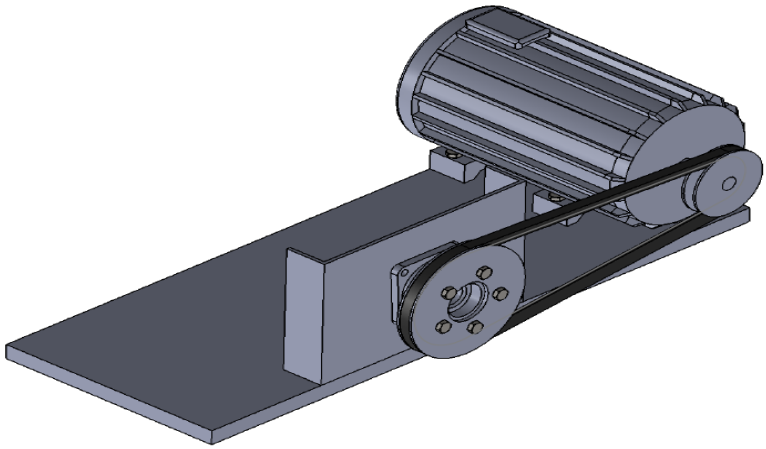
Зураг 3. Дуу чимээ хэмжигч багаж “Sound level meter

Судалгааны үр дүн

Автомашины дугуйн задардаг бул замын байдал, чичиргээ доргионы нөлөөллөөс болж хоорондоо 1...2 мм зай үүсэн дуу чимээ нэмэгдэж байсан нь ажиглагдсан. Туршилтанд хэрэглэх булыг шахах хүчийг металлын механик туршилтын лабораторийн WAW-300E олон үйлдэлт тестийн машин дээр хэмжсэн. Бидний зохион бүтээсэн төхөөрөмжөөр булыг 60 км/ц хурдаар эргүүлнэ. Автомашины дугуйн булны дуу чимээг “Sound level meter” багажаар хэмжин холхивчийн элэгдэлийн хэмжээ болон ашиглалтын нөөц тодорхойлж судалгаанд ашиглана. Дугуйн булыг эргүүлэх төхөөрөмж нь цахилгаан хөдөлгүүр, суурь, булны суурь, хөтлөх болон хөтлөгдөх дамар гэх зэрэг эд ангиудаас бүрдэнэ.

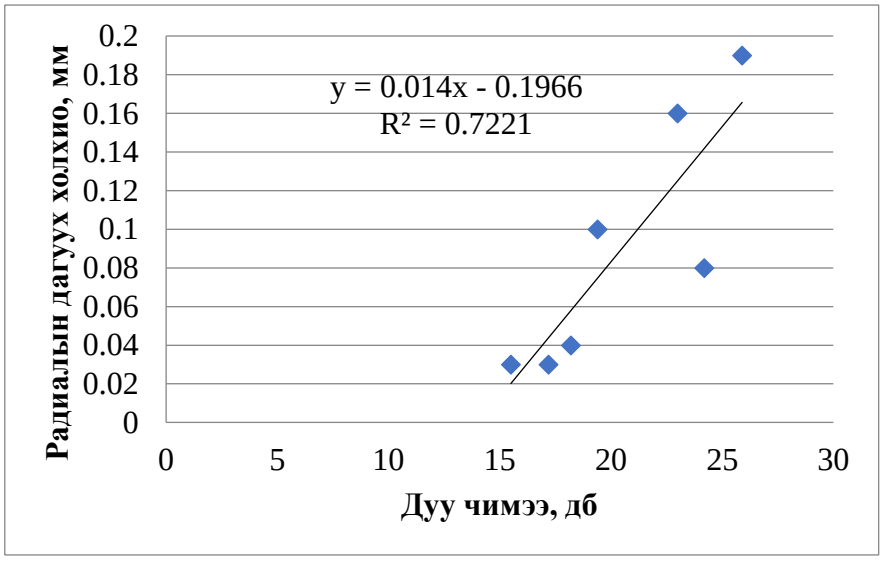


Зураг 4. Бүрэн шахагдсан бул ба сугарсан булны үрэлийн харьцуулалт



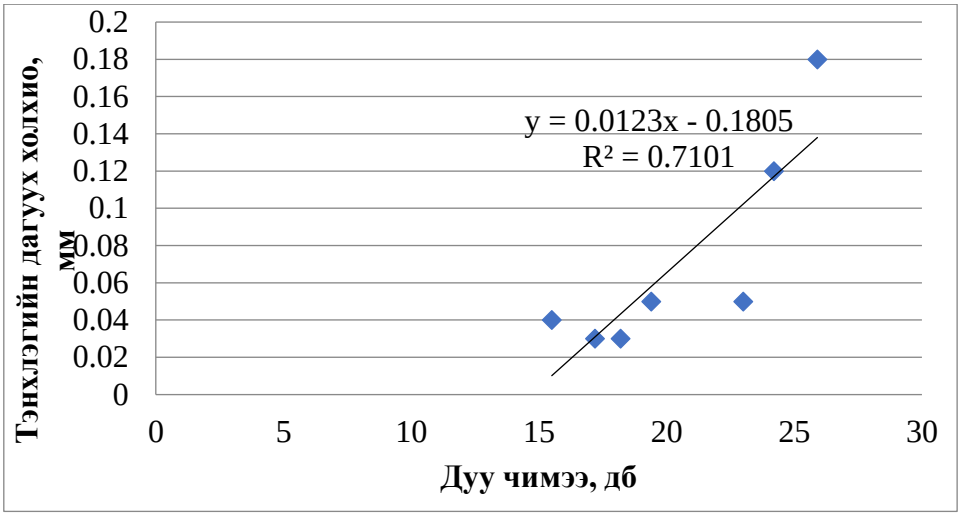
Зураг 5. Зохион бүтээсэн төхөөрөмжийн ерөнхий байдлын зураг

Хэмжилтийн үр дүн



Зураг 6. Холхивчийн радиалын дагуух холхио болон дуу чимээний хамаарал

Энд: y=0.014x+0.1966 томьёогоор илэрхийлэгдэх шулуун шугам хамааралтай байна. Энэ томъёонд: y- холхивчийн радиалын дагуух холхионы утга,x- дугуйн булыг төхөөрөмжөөр эргүүлэн хэмжсэн холхивчийн дуу чимээний утгыг илэрхийлнэ.



Зураг 7. Холхивчийн тэнхлэгийн дагуух холхио болон булны дуу чимээний хамаарал

Энд: y=0.0123x+0.1805 томьёогоор илэрхийлэгдэх шулуун шугам хамааралтай байна. Энэ томъёонд:y холхивчийн тэнхлэгийн дагуух холхионы утга, x- дугуйн булыг төхөөрөмжөөр эргүүлэн хэмжсэн холхивчийн дуу чимээний утгыг илэрхийлнэ.

Дугуйн булны холхивчийн дуу чимээг хэмжсэн дүн

Туршилтанд цахилгаан хөдөлгүүрийн дуу хамгийн ихдээ 75 дб гарсан бөгөөд үүнийг тогтмол гэж авч үзэн хэмжилтийн утгаас хасч тооцсон. Шинэ булны дуу чимээ 78 дб ба тэнхлэгийн дагуух ба радиалын дагуух холхио 0.05 мм байсан.

Хүснэгт 1. Боловсруулалтын өмнөх ба дараах үзүүлэлт

№	Туршилтаар авсан үзүүлэлт			Дотор цагирагийн хүзүүнээс хассан хэмжээ	Боловсруулалт хийсэн үзүүлэлт		
	Холхивчийн дундаж утга, /дб/	Холхивчийн радиалын холхио, /мм/	Холхивчийн тэнхлэгийн дагуух холхио, /мм/		Холхивчийн дундаж утга, /дб/	Холхивчийн радиалын холхио, /мм/	Холхивчийн тэнхлэгийн дагуух холхио, /мм/
1	18,2	0,04	0,03	-	-	-	-
2	24,2	0,08	0,12	0,05	18,2	0,04	0,05
3	15,5	0,03	0,04	-	-	-	-
4	19,4	0,1	0,05	0,05	17,3	0,04	0,05
5	25,6	0,19	0,18	0,2	18,6	0,04	0,06
6	17,2	0,03	0,03	-	-	-	-
7	23	0,16	0,05	0,05	18,1	0,05	0,05

Дээрх хүснэгтэд боловсруулалтын өмнөх болон боловсруулалтын дараа авсан үзүүлэлтийг харьцуулсан бөгөөд боловсруулалтын дараа холхивчийн дундаж утга, холхивчийн радиалын

холхионы хэмжээ, холхивчийн тэнхлэгийн дагуух холхионы хэмжээ багассан байгааг харуулж байна.

Дүгнэлт

1. Судалгааны ажлын хүрээнд туршилтаар дугуйн булны дуу чимээний хэмжээ холхивчийн радиал болон тэнхлэгийн дагуух элэгдлээс үүсэх холхионы хэмжээнээс хамааран өөрчлөгдөж байгаа бөгөөд тэдгээр нь хоорондоо шугаман хамааралтай болохыг тогтоосон.
2. Булны холхивчийг дуу чимээ 18.5 дб-ээс бага үед холхио зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байсан ба дуу чимээ түүнээс их болсон үед дотоод цагирагийн хүзүүнээс тодорхой зүй тогтлоор хасах технологийг сонгон ашиглах нь оновчтой байна.
3. Холхивчийн ашиглалтын хугацаа болон элэгдлээс хамааран ажлын зай зөвшөөрөгдөх /0.05мм/ хэмжээнээс ихэссэн 4 холхивчийг сонгон авч дотор цагирагийн хүзүүний уртаас /0.05...0.2мм/ зорж зохимжит хэмжээнд хүргэн хэмжихэд дуу чимээ 2...7 Дб буурч, тэнхлэгийн дагуух холхио 0.07...0.12мм, радиусын дагуух холхио 0.04...0.15мм буурсан байна.
4. Дугуйн булыг дуу чимээгээр оношилж холхивчийн элэгдлийг нөхөн сэргээх дэвшилтэт технологи сонгон ашигласнаар машины эд ангийн ашиглалтын хугацааг нэмэгдүүлэн эдийн засгийн тодорхой хэмнэлт гаргах боломжийг бүрдүүлж чадсан.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. А.М.Шейнин. (1979). Авто аж ахуйн техникийн үйлчилгээ, засварын хэрэгцээг тодорхлойлох арга. Улаанбаатар.
2. Г.Чимэд-Очир. (2004). Машины эд анги. Механик дамжуулгын төсөл зохиох. Улаанбаатар.
3. Г.Чимэд-Очир, Т. П. (2009). Машины эд анги. Улаанбаатар.
4. Ч.Цэсэндорж. (2009). Машин засвар, техникийн үйлчилгээний зохион байгуулалт. Улаанбаатар.
5. Ч.Цэсэндорж. (2009). Машин засвар, техникийн үйлчилгээний зохион байгуулалт. Улаанбаатар.
6. Ч.Цэсэндорж. (2009). Машин засвар, техникийн үйлчилгээний зохион байгуулалт. Улаанбаатар.